

**Treatment of exhaust gas from an internal combustion engine, especially a Diesel engine, involves using a particle filter that can be regenerated without reducing suction zone pressure or engine specific power**

**Publication number:** DE10137050

**Publication date:** 2002-02-28

**Inventor:** BREUER NORBERT (DE); KLENK WOLFGANG (DE);  
WIRTH RALF (DE); ALKEMADE ULRICH (DE); LAQUA  
EKKEHARD (DE); BRINZ THOMAS (DE); SCHUMANN  
BERND (DE); BECKER CARSTEN (DE)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)

**Classification:**

- international: *F01N3/022; F01N3/023; F01N3/025; F01N3/031;  
F01N3/035; F01N3/20; F01N3/28; F01N3/30; F01N3/08;  
F01N7/02; F01N7/04; F01N3/022; F01N3/023;  
F01N3/031; F01N3/035; F01N3/20; F01N3/28;  
F01N3/30; F01N3/08; F01N7/00; (IPC1-7): F01N3/023*

- European: *F01N3/022D; F01N3/023; F01N3/025; F01N3/025B;  
F01N3/031; F01N3/035; F01N3/20D; F01N3/28D6;  
F01N3/30*

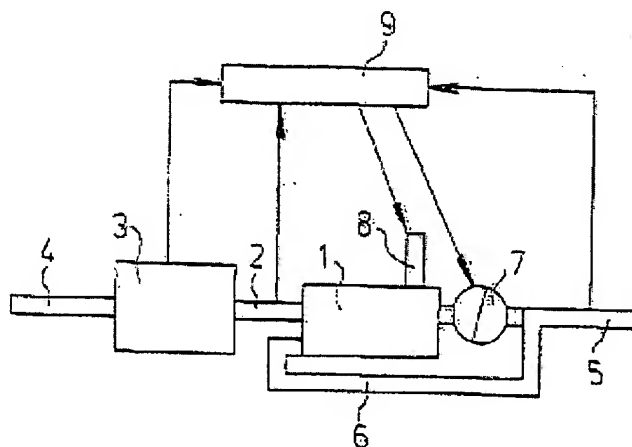
**Application number:** DE20011037050 20010731

**Priority number(s):** DE20011037050 20010731; DE20001039798 20000816

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE10137050**

Particle filter for exhaust gas discharged from an internal combustion engine can be regenerated without decreasing the pressure in the suction zone or reducing the specific power of the engine. At least one heat exchanger (1) is provided for heating the pre-filtered exhaust gas (11) with the heat evolved by the filtered exhaust gas (13). Preferred Features: A collector providing gas exhaust flow to the heat exchanger (1) is located upstream. At least the particle filter (10) and the heat exchanger (1) are in the form of a structural unit. The device can also include a supplementary heating unit (8), a control unit (9) dependent on temperature, time, gas composition and/or pressure, and a unit for supplying air to the exhaust gas flow. The heat exchanger (1) has an enlarged surface structure. The heat exchanger can have a catalytic coating in at least one partial region. Upstream of the heat exchanger (1) in the direction of movement of the exhaust gas, a coupling conduit (2) includes a branch point for dividing the exhaust gas flow into a main gas flow and an auxiliary gas flow. The device can include two heat exchangers. An independent claim is given for a process for the



regeneration of an exhaust gas treatment system, notably a particle filter, where the exhaust gas is divided into a main flow and an auxiliary flow, and the auxiliary flow is passed to the exhaust gas treatment system (10). During the regeneration process the exhaust gas is passed to a second exhaust gas treatment system. The process is applied during the cold start phase of an internal combustion engine.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 37 050 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**F 01 N 3/023**

⑳ Aktenzeichen: 101 37 050.4  
㉔ Anmeldetag: 31. 7. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 28. 2. 2002

DE 101 37 050 A 1

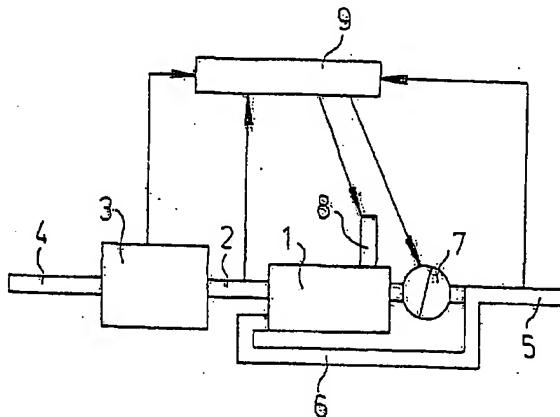
⑥6 Innere Priorität:  
100 39 798. 0 16. 08. 2000  
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Breuer, Norbert, Dr., 71254 Ditzingen, DE; Klenk,  
Wolfgang, Dr., 74369 Löchgau, DE; Wirth, Ralf, Dr.,  
71229 Leonberg, DE; Alkemade, Ulrich, Dr., 71229  
Leonberg, DE; Laqua, Ekkehard, Dr., 68794  
Oberhausen-Rheinhausen, DE; Brinz, Thomas, Dr.,  
73266 Bissingen, DE; Schumann, Bernd, Dr., 71277  
Rutesheim, DE; Becker, Carsten, 71394 Kernen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Abgasbehandlung einer Brennkraftmaschine

⑤7 Es wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Abgasbehandlung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, mit einem Partikelfilter (10, 40) vorgeschlagen, wobei eine Regeneration des Partikelfilters (10, 40) vorgesehen ist, die den systembedingten Aufwand deutlich reduziert, und wobei gleichzeitig kein Druckabfall im Ansaugbereich beziehungsweise keine Verringerung der Leistungsdichte der Brennkraftmaschine erfolgt. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass wenigstens ein Wärmetauscher (1, 21) zur Erwärmung des zu filtrierenden Abgases wenigstens mittels der Abwärme des filtrierten Abgases (13) vorgesehen ist.



DE 101 37 050 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Abgasbehandlung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, mit einem Partikelfilter nach dem Oberbegriff der unabhängigen Ansprüche.

## Stand der Technik

[0002] Entsprechend dem fortschreitenden Kenntnisstand werden zum Schutz der Gesundheit und der Umwelt gesetzliche Vorgaben, die die Emissionen von Kraftfahrzeugen regeln, ständig verschärft. Zur Erfüllung dieser Vorgaben werden beispielsweise, neben der Verwendung von entsprechend modifizierten Treibstoffen, feste Partikel mittels Filter aus dem Abgas entfernt.

[0003] Besonders Dieselantriebe produzieren große Mengen Ruß, wobei der Verdacht besteht, dass Dieselabgase ein Krebs erzeugendes Potential besitzen. So wurden bereits viele Anordnungen zur Behandlung von Dieselabgas vorgeschlagen. Im Allgemeinen bestehen diese Anordnungen aus Filtersystemen, die die partikulären Inhaltsstoffe zurückhalten. Ein effizienter Filter hält hierbei Rußpartikel, die insbesondere einen Durchmesser von ca. 10 bis 5000 Nanometern aufweisen, wirkungsvoll zurück.

[0004] Die von entsprechenden Filtern zurückgehaltenen Teilchen verursachen jedoch durch Belegung des Filters beziehungsweise seiner Oberfläche eine Verringerung des Gasdurchsatzes und bewirken hierdurch einen Anstieg des Filtrationswiderstandes. Dieser Widerstand führt zu einem Mehrverbrauch an Treibstoff bis hin zum Motorstillstand, so dass Regenerationsphasen vorgesehen werden müssen. Die Regeneration erfolgt im Allgemeinen durch eine nahezu rückstandsfreie Verbrennung des gespeicherten Rußes. Die im Dieselabgas vorhandenen Temperaturen von ca. 200°C reichen hierzu in aller Regel nicht aus, so dass zusätzliche Systemhilfen bereitgestellt werden müssen.

[0005] Ohne zusätzliche Maßnahmen oxidiert der Ruß ab ca. 550 bis 600°C. Durch Kombination des Rußfilters mit einem Oxidationskatalysator, durch katalytische Beschichtung des Filters oder durch geeignete Treibstoffadditive lässt sich die untere Temperaturschwelle für die Rußoxidation auf ca. 250 bis 350°C absenken. Jedoch liegen diese Temperaturen für moderne Dieselmotoren immer noch oberhalb üblicher Abgastemperaturen, so dass temperatursteigernde Maßnahmen zur sicheren Filterregeneration notwendig sind.

[0006] Zur Steigerung der Abgastemperatur werden bislang beispielsweise elektrische Zuheizungen, Mikrowellenheizungen oder innermotorische Maßnahmen vorgesehen, wobei diese beispielsweise aufgrund der erforderlichen hohen Heizleistung gegebenenfalls zusätzliche Batterien erforderlich machen, einen hohen Systemaufwand aufweisen, mit einem erheblichen Mehrverbrauch von Treibstoff verbunden sind oder die notwendige Temperaturerhöhung nicht sicher gewährleisten können.

[0007] So ist beispielsweise bekannt, dass durch Drosselung des Ansaug-Luftmassenstroms die Prozess- beziehungsweise Abgastemperatur erhöht werden kann. In der Druckschrift EP 0 010 384 ist beispielsweise eine Vorrichtung offenbart, die die Ansaugluft mittels eines regelbaren Drossel-Klappensystems variiert. Die notwendige Zündtemperatur kann jedoch nur im höheren Last- und Drehzahlbereich erreicht werden. Für Fahrsituationen mit überwiegend niedrigem Last- und Drehzahlbereich sind die für die Regenerierung des Filters notwendigen Bedingungen in der Praxis deshalb nur selten gegeben.

[0008] Eine ebenfalls in der Druckschrift EP 0 010 384

beschriebenen Ausführungsform erreicht eine ausreichend hohe Prozesstemperatur zum Freibrennen des Rußabbrennfilters bei niedriger Last und niedriger Drehzahl mittels einer Abgasrückführung, die unter anderem eine vergleichsweise kompakte Einheit umfasst. Diese Ausführungsform ist ebenfalls für die Filterregeneration nur bedingt geeignet, da für eine einwandfreie Funktion des Verbrennungsmotors der Abgasanteil in der Zuluft 30% nicht überschreiten darf. Hierdurch wird das Erreichen der für die Filterregeneration notwendigen Abgastemperatur nicht in allen Fahrzuständen ermöglicht. Hierfür wird zusätzlich eine Heizvorrichtung benötigt, was den konstruktiven Aufwand zusätzlich erhöht.

[0009] Grundsätzlich wird in der Vorrichtung der Druckschrift EP 0 010 384 eine möglichst hohe Austrittstemperatur aus dem Partikelfilter benötigt, so dass unter anderem die Ansaugluft möglichst stark vorwärmbar ist.

[0010] Darüber hinaus ist in der Druckschrift DE 35 22 431 eine Vorrichtung offenbart, die die Abgastemperatur dadurch erhöht, dass ein hinter dem Rußfilter befindlicher Wärmetauscher die Ansaugluft des Verbrennungsmotors vorwärmt. Hierdurch wird zum einen die Warmlaufphase verkürzt und zum anderen die Temperatur des Prozessgases auch bei niedriger Last genügend erhöht, um eine Filterregeneration zu ermöglichen. Hierfür ist insbesondere eine Stellklappe vorgesehen, die dafür sorgt, dass bei Volllast oder bei Überschreiten einer oberen Grenztemperatur am Rußfilter der Ansaugluftstrom am Wärmetauscher vorbeigeführt wird. Dies verringert zum einen die durch den Wärmetauscher bei Volllast verursachten Leistungseinbußen und schützt zum anderen den Rußfilter vor Überhitzung.

[0011] Nachteilig bei der offenbarten Vorrichtung ist, dass die notwendige Zündtemperatur für die Filterregeneration erst erreicht werden kann, wenn der Motor die Warmlaufphase durchlaufen hat. Weiterhin ist besonders nachteilig, dass der Wärmetauscher im Ansaugbereich angeordnet ist, wodurch ein Druckabfall beim Betrieb des Motors entsteht. Die erwähnte Stellklappe, die einen zusätzlichen apparativen Aufwand bedeutet, ist deshalb zur Aufrechterhaltung der Leistungsdichte im Volllastbereich zwingend erforderlich.

[0012] Die bislang bekannten Abgasfiltersysteme sind demnach insgesamt vergleichsweise aufwendig, wobei teilweise im Ansaugbereich für den Betrieb des Motors ein besonders kritischer Druckabfall beziehungsweise eine Verringerung der Leistungsdichte im Volllastbereich in Kauf genommen werden muss.

## Vorteile der Erfindung

[0013] Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Abgasbehandlung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, mit einem Partikelfilter vorzuschlagen, wobei eine Regeneration des Partikelfilters vorgesehen ist, die den systembedingten Aufwand deutlich reduziert, und wobei gleichzeitig kein Druckabfall im Ansaugbereich beziehungsweise keine Verringerung der Leistungsdichte der Brennkraftmaschine erfolgt.

[0014] Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Vorrichtung bzw. einem Verfahren der einleitend genannten Art durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

[0015] Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch aus, dass wenigstens ein Wärmetauscher zur Erwärmung des zu filtrierenden Abgases we-

nigstens mittels der Abwärme des filtrierten Abgases vorgesehen ist. Vorteilhafterweise erfolgt hierbei mittels dem erfindungsgemäßen Wärmetauscher eine Wärmerückgewinnung der Abgaswärme für die Filterregeneration, so dass der energetische Aufwand zur Erreichung der Regenerationstemperatur wesentlich verringert und keine Leistungseinbuße der Brennkraftmaschine hervorgerufen wird. Beispielsweise erfolgt bei verschiedensten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine unter anderem durch die exotherme Reaktion der katalytischen Oxidation der noch im Abgas vorhandenen unverbrannten Kohlenwasserstoffanteile eine zusätzliche Erwärmung des Partikelfilters und somit des zu filtrierenden Abgases mit Hilfe des erfindungsgemäßen Wärmetauschers. Hierdurch minimiert sich der konstruktive Aufwand einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Abgasbehandlung.

[0016] Vorzugsweise ist eine Sammelleitung zur Zuführung des gesamten Abgasstroms in den Wärmetauscher vor diesem angeordnet, so dass eine größtmögliche und somit effektive Wärmezufuhr durch das zu filtrierende Abgas in den Wärmetauscher realisierbar ist.

[0017] In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens der Partikelfilter und der Wärmetauscher als bauliche Einheit ausgebildet. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise eine möglichst platzsparende, effektive und somit wirtschaftliche Umsetzung der erfindungsgemäßen Vorrichtung realisierbar. Hierbei erfolgt im Allgemeinen eine Nutzung der bei der Regeneration entstehenden Filterabwärme bzw. der Abwärme des filtrierten Abgases entlang des gesamten Wärmetauschers, so dass eine vergleichsweise niedrige Abgastemperatur am Ausgang des Wärmetauschers realisierbar ist. Erfindungsgemäß wird hierdurch die maximale mögliche Vorwärmung des zu filtrierenden Abgases erreicht.

[0018] Vorzugsweise ist wenigstens eine Zuheizvorrichtung vorgesehen, so dass auch beispielsweise bei extremsten Betriebs- oder Wetterbedingungen eine sicherere Filterregeneration gewährleistet bleibt. Die Zuheizvorrichtung kann vorteilhafterweise entweder zwischen den beiden Gasbereichen des Wärmetauschers und/oder im Wärmetauscher integriert angeordnet sein. So ist hierdurch in vorteilhafter Weise eine Regenerierung des Filters bereits realisierbar, bevor die Brennkraftmaschine ihre Betriebstemperatur erreicht hat.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine wenigstens temperatur-, Zeit-, gaszusammensetzungs- und/oder druckabhängige Steuerung vorgesehen. Hierdurch ist beispielsweise eine automatische Zündung der Zuheizvorrichtung bei Überschreiten einer definierten Druckdifferenz zwischen Filtereingang und Filterausgang realisierbar. Darüber hinaus ist hiermit gegebenenfalls eine Temperaturüberwachung des Filters beziehungsweise des Wärmetauschers umsetzbar. Eine Überhitzung des Filters unter anderem bei Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine ist beispielsweise mittels einer Umgehung des Wärmetauschers vermeidbar. Ebenso ist die Wärmemenge der Zuheizvorrichtung in Abhängigkeit der Filtertemperatur steuerbar. Erfindungsgemäß wird der Partikelfilter bei entsprechenden Bedingungen gegebenenfalls auch vorzeitig, d. h. bereits bevor eine Regeneration notwendig wäre, ohne Zuheizung regeneriert. Die Steuerung umfasst hierbei vorzugsweise ein Managementsystem, das beispielsweise nahezu alle Fahrzeugkomponenten überwacht.

[0020] Vorteilhafterweise sind Mittel zur Zufuhr wenigstens von Luft in den Abgasstrom vorgesehen, so dass gegebenenfalls in Abhängigkeit der Gaszusammensetzung des Abgases eine zusätzliche Lufteinblasung realisierbar ist, was beispielsweise die exotherme Reaktion der katalyti-

schen Oxidation der noch im Abgas vorhandenen unverbrannten Kohlenwasserstoffanteile oder die Rußoxidation verbessert. Hierfür ist auch eine Eindüsung beispielsweise von Kohlenwasserstoffen in den Abgasstrom vorteilhaft.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Wärmetauscher eine oberflächenvergrößernde Struktur auf. So ist beispielsweise mittels einer parallelen Verschaltung mehrerer Wärmetauschereinheiten oder mittels nicht planarer, strukturierter oder ähnlich wirkender Wärmeübergangswände, die Wärmeübertragung vom Filter beziehungsweise vom filtrierten Abgas auf das zu filtrierende Abgas vorteilhafter ausführbar.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist der zwischen Verbrennungsmotor und Wärmetauscher angeordnete Abgasstrang eine Verzweigungsstelle auf, über die sich die Abgase in einen Haupt- und in einen Nebenstrom aufteilen lassen. Während der Regeneration des Partikelfilters wird nur ein Teilstrom des Abgases dem Wärmetauscher bzw. der Zuheizvorrichtung zugeführt, so dass eine rasche Aufheizung des Partikelfilters bei minimalem Heizenergieverbrauch gewährleistet wird.

[0023] Grundsätzlich führen alle Ausführungsformen der Erfindung zu einer deutlichen Verringerung der Zuheizenergiemenge sowie des konstruktiven Aufwands, so dass ein wesentlich wirtschaftlicherer und umweltfreundlicherer Betrieb gegenüber dem Stand der Technik möglich ist.

#### Ausführungsbeispiele

[0024] Mehrere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0025] Es zeigen

[0026] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zusammen mit einer Brennkraftmaschine,

[0027] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0028] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer weiteren erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0029] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit mehreren Wärmetauschereinheiten,

[0030] Fig. 5 ein prinzipieller Temperaturverlauf in einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0031] Fig. 6 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Verzweigungsstelle im Abgasstrang,

[0032] Fig. 7 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Wärmetauscher, der eine katalytisch aktive Beschichtung aufweist,

[0033] Fig. 8 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit zwei Wärmetauschern und

[0034] Fig. 9 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit zwei Abgasnachbehandlungsanlagen.

[0035] Fig. 1 zeigt in schematischer Blockdarstellung einen erfindungsgemäßen Wärmetauscher 1, der mittels einer Verbindungsleitung 2 mit einer Brennkraftmaschine 3 verbunden ist. Weiterhin ist in Fig. 1 eine Ansaugleitung 4 der Brennkraftmaschine 3 sowie eine Abgasausleitung 5 dargestellt.

[0036] Die Ausleitung des Abgases kann in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 wahlweise über einen Wärmetauscherableitung 6 oder über eine optional anzubringende Drosselklappe 7 zur Abgasausleitung 5 geführt werden. Mittels der Drosselklappe 7 kann eine Umgehung der Wärmetauscherstruktur des Wärmetauschers 1 ermöglicht wer-

den, so dass insbesondere bei Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 3 eine Überhitzung des Wärmetauschers 1 beziehungsweise eines in der Fig. 1 nicht näher dargestellten Partikelfilters verhindert wird.

[0037] Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung umfasst weiterhin eine Heizvorrichtung 8 sowie eine Steuereinheit 9. Nicht näher dargestellte Temperatur- beziehungsweise Drucksensoren ermitteln beispielsweise den Druck vor und hinter dem Wärmetauscher 1 beziehungsweise dem Filter. Während des Betriebs der Brennkraftmaschine 3 wird im Abgas enthaltener Ruß am Filter abgelagert, so dass die Steuereinheit 9 mittels der erwähnten Drucksensoren eine Druckdifferenz vor und hinter dem Wärmetauscher 1 mit fortschreitender Belegung des Filters mit Ruß ermittelt. Überschreitet die ermittelte Druckdifferenz einen einstellbaren Schwellenwert, so wird beispielsweise die Heizvorrichtung 8 zur Einleitung der Filterregeneration gezündet.

[0038] Weitere Strategien zur Einleitung der Filterregeneration, die auch ohne Druckdifferenzmessung arbeiten, sind möglich. Beispiele hierfür sind Betriebsdauer gesteuerte Verfahren oder die Erkennung von Betriebszuständen, die besonders geringe zusätzliche Heizenergie erfordert.

[0039] In Fig. 2 ist ein Wärmetauscher 1 einschließlich eines Filters 10 während einer Betriebsphase der Heizvorrichtung 8 ausgeführt. Hierbei ist die Heizvorrichtung 8 als Brenner schematisch dargestellt, wobei jedoch auch elektrische sowie andere chemische, zum Beispiel katalytische, Umsetzungen eines Heizstoffes realisierbar sind. Hierbei können sowohl separate Heizvorrichtungen 8 als auch integrierte Heizvorrichtungen verwendet werden. Beispielsweise können elektrisch leitfähige Keramiken oder die Integration von Heizdrähten in eine elektrisch isolierende Sinterkeramik vorgesehen werden. Die Keramik kann vorteilhafterweise hierbei gleichzeitig als Filter vorgesehen werden, wobei katalytisch beschichtete als auch nicht katalytisch beschichtete Keramiken einsetzbar sind. Weiterhin ist wahlweise die Einbringung einer zusätzlichen thermischen Energie im Gasstrom- oder am Wärmetauschergehäuse realisierbar.

[0040] Die Erwärmung eines Zustroms 11, d. h. das von der Brennkraftmaschine 3 über die Verbindungsleitung 2 in den Wärmetauscher 1 strömende Abgas, erfolgt mittels der Abwärme des filtrierten Abgases über eine Wärmetauscherwand 12. Erfindungsgemäß erfolgt der Wärmeübergang sowohl in einem Eingangsbereich B bzw. Filterbereich D als auch in einem Ausgangsbereich E bzw. Eingangsbereich A des Wärmetauschers 1. Im Ausgangsbereich E, einschließlich dem Filterbereich D, erstreckt sich ein Abstrom 13. Hierbei wird erfindungsgemäß eine möglichst weitestgehende Abkühlung des Abstroms 13 mittels dem Wärmetauscher 1 vorgesehen.

[0041] Die höhere Temperatur des Filters 10 beziehungsweise des Abstroms 13 wird beispielsweise mittels einer exothermen Reaktion bei der katalytischen Oxidation vom im Zustrom 11 vorhandenen restlichen Kohlenwasserstoffen im Bereich D des Filters 10 und/oder mittels der Heizvorrichtung 8 erreicht.

[0042] In Fig. 5 ist beispielhaft ein prinzipieller Temperaturverlauf im Wärmetauscher 1 dargestellt. Die Fig. 5 verdeutlicht, dass der Zustrom 11 in den Wärmetauscher 1 mit einer Eingangstemperatur  $T_e$  geleitet wird. Im Eingangsbereich A, B wird der Zustrom 11 sehr stark vorgewärmt, so dass das Abgas in einem Heizbereich C mittels der Heizvorrichtung 8 vergleichsweise wenig zusätzlich erwärmt werden muss, um über eine Zündtemperatur  $T_z$  angehoben zu werden. Oberhalb der Zündtemperatur  $T_z$  erfolgt eine selbständige Zündung des Abgasstromes, so dass die Regeneration des Filters 10 erfolgt. Die Regenerierung des Filters 10

im Wärmetauscher 11 kann bei entsprechender Filter- beziehungsweise Wärmetauscherauslegung exotherm beziehungsweise mindestens autotherm verlaufen, so dass das Einbringen von weiterer Zuheizenergie mittels der Heizvorrichtung 8 beendet werden kann.

[0043] Entsprechend dem Temperaturverlauf im Filterbereich D sinkt die Abgastemperatur leicht ab. Insbesondere im Ausgangsbereich E wird dem Abstrom 13 vergleichsweise viel Wärme entzogen, so dass er den Wärmetauscher 1 mit einer vergleichsweise geringen Ausgangstemperatur  $T_a$  verlässt. Insbesondere Fig. 5 verdeutlicht, dass eine möglichst weite Absenkung der Ausgangstemperatur  $T_a$  für die Vorwärmung des Zustroms 11 und somit für die Regeneration des Filters 10 von Vorteil ist.

[0044] Der Wärmetauscher 1 in Fig. 3 weist gegenüber dem Wärmetauscher 1 der Fig. 2 eine Drosselklappe 7 auf, die eine teilweise oder vollständige Umgehung der Wärmetauscherstruktur, d. h. der Wärmerückgewinnung zur Erwärmung des zu filtrierenden Abgases, ermöglicht. Hierdurch kann beispielsweise im Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 3 eine Überhitzung des Filters 10 beziehungsweise eines weiteren Filters 14 verhindert werden.

[0045] Wie bereits bekannt, weist das Abgas einer im Vollastbetrieb arbeitenden Brennkraftmaschine 3 bereits Temperaturen über der Zündtemperatur  $T_z$  des Filters 10, 14 auf, so dass eine Wärmerückgewinnung mittels dem Wärmetauscher 1 verzichtbar beziehungsweise eine Vermeidung der Überhitzung der Filter 10, 14 vorteilhaft ist. In der Ausführung der Fig. 3 strömt der Zustrom 11 nahezu vollständig über die Drosselklappe 7 als Abstrom 15 ab. Da hierbei der Filter 10 umgangen wird, wird aus diesem Grund der Filter 14 zur Filtrierung des Vollastabgasstromes benötigt.

[0046] In Fig. 4 ist ein Wärmetauscher 16 schematisch dargestellt, der eine Parallelschaltung von mehreren Wärmetauschern 1 der Fig. 2 aufweist. Die Parallelverschaltung der Wärmetauscher 1 vergrößert insbesondere die Gesamtfläche der Wärmetauscherwand 12, so dass eine verbesserte Wärmerückgewinnung erfolgt. Zur Abführung der Abströme 13 sind mehrere Öffnungen 17 vorgesehen.

[0047] Grundsätzlich können in einer nicht begrenzten Anzahl Wärmetauschereinheiten 1 miteinander verschaltet werden. Darüber hinaus ist sowohl eine direkte Zuführung der Zustrome 11 von einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine 3 sowie eine Zuführung mittels einer Sammelleitung und anschließenden Aufteilung in Einzelleitungen realisierbar. Ebenso ist die Verwendung einer einzelnen Heizvorrichtung 8 sowie die Verwendung mehrerer Heizvorrichtungen im Wärmetauscher 16 umsetzbar. Die Öffnungen 17 werden vorteilhafterweise in einer einzelnen Abgasableitung 5 stromabwärts des Wärmetauschers 16 zusammengefasst.

[0048] Weiterhin kann bei allen erfindungsgemäßen Vorrichtungen als Kontrollmechanismus für eine erfolgreiche Zündung des Rußfilters ein Temperaturfühler an geeigneter Stelle im Wärmetauscher 1, 16 insbesondere im oder unmittelbar hinter dem Filter 10, 14 angeordnet werden. Die gemessene Temperatur kann mittels der Steuereinheit 9 dafür verwendet werden, dass die Heizleistung der Heizvorrichtung 8 gesteuert und gegebenenfalls abgeschaltet wird. Bei stark rußendem Motor oder wenn genügend Kohlenwasserstoffe im Zustrom 11 enthalten sind und gleichzeitig der Filter 10, 14 katalytisch aktiv die Umsetzung der Kohlenwasserstoffe ermöglicht, kann die Oxidation des Rußes und der Kohlenwasserstoffe auch kontinuierlich nach einer einmaligen Zündung der Heizvorrichtung 8 erfolgen.

[0049] In Fig. 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt. Dabei weist die Verbindungsleitung 2 eine 3-Wege-Abgasklappe 20 auf, über die

sich der die Verbrennungsmaschine 3 verlassende Abgasstrom 11 in einen Haupt- und einen Nebenstrom aufteilen läßt. Während einer Kaltstartphase des Verbrennungsmotors 3 oder eines Regenerationsvorgangs des Filters 10 wird beispielsweise die 3-Wege-Abgasklappe 20 so eingestellt, daß nur ein kleiner Anteil des Abgases als Nebenstrom in den Wärmetauscher 1 und nachfolgend zur Heizeinrichtung 8 bzw. dem Filter 10 gelangt. Dies ist vorteilhaft, da während eines Kaltstarts die Abgastemperatur für eine Regeneration des Filters 10 zu gering ist und das Abgas über die Heizvorrichtung 10 erwärmt werden muß. Da durch Aufteilung des Abgasstroms zu diesem Zeitpunkt nur ein geringer Anteil des Abgases erwärmt werden muß, wird eine höhere Abgastemperatur bei vergleichsweise geringem Heizenergieverbrauch erreicht. Währenddessen wird der Hauptstrom des Abgases über die Abgasleitung 22 am Wärmetauscher 1 vorbei geleitet und beispielsweise direkt an die Umgebungsluft abgegeben.

[0050] Sobald das die Heizeinrichtung 8 erreichende Abgas eine ausreichend hohe Temperatur aufweist, wird die 3-Wege-Abgasklappe 20 so eingestellt, daß der gesamte Abgasstrom über die Verbindungsleitung 2 dem Wärmetauscher 1 zugeführt wird.

[0051] Soll verhindert werden, daß es beim Auftreten von sehr heißen Abgasen 11 zu einer Überhitzung des Filters 10 kommt, so kann der über die Abgasleitung 22 abgeleitete Hauptstrom des Abgases gemäß Fig. 7 vorzugsweise vor dem Filter 10 unter Umgehung des Wärmetauschers 1 wieder mit dem Nebenstrom vereinigt werden. Durch Umgehung des Wärmetauschers 1 wird eine weitere Aufheizung der heißen Abgase vermieden und der Abgasgegendruck reduziert. Als Heizvorrichtung ist bei diesem Ausführungsbeispiel eine Kraftstoffinjektion an einer Zufuhrstelle 28 in die Verbindungsleitung 2 vorgesehen. Anschließend erfolgt eine vorzugsweise katalytische Umsetzung des eingespritzten Kraftstoffs an einer beispielsweise in den Wärmetauscher 1 integrierten, katalytisch aktiven Schicht 30 mit im Abgas enthaltenem Restsauerstoff.

[0052] In Fig. 8 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt, das zwei Systeme jeweils bestehend aus Zufuhrstelle 28, 29, Wärmetauscher 1, 21, katalytisch aktiver Beschichtung 30, 32 und Filter 10, 40 aufweist. Hier kann der die Brennkraftmaschine 3 verlassende Abgasstrom 11 über die 3-Wege-Abgasklappe 20 je nach Regenerierungsbedarf der Filter 10, 40 so aufgeteilt werden, daß beispielsweise während eines Regenerationsvorgangs des Filters 10 nur ein Nebenstrom des Abgases über die Verbindungsleitung 2 dem Wärmetauscher 1 zugeführt wird und der Hauptstrom über die Abgasleitung 22 dem Wärmetauscher 21 und umgekehrt.

[0053] Während einer Kaltstartphase wird der Hauptstrom des Abgases vorzugsweise über den ersten Filter 10 geleitet, der die im Abgas enthaltenen Partikel zurückhält, aufgrund der geringen Temperatur der passierenden Abgase jedoch keine Regeneration erfahren kann. Ein Nebenstrom des Abgases wird dabei dem zweiten Filter 40 zugeführt und über Kraftstoffinjektion an der Zufuhrstelle 29 und katalytischer Umsetzung an der katalytisch aktiven Schicht 32 erwärmt. Sobald die Abgase am zweiten Filter 40 eine für eine Regeneration ausreichende Temperatur aufweisen, wird mittels der 3-Wege-Abgasklappe 20 der Hauptstrom des Abgases dem zweiten Filter 40 zugeführt und der erste Filter 10 beispielsweise durch Kraftstoffinjektion an der Zufuhrstelle 28 und katalytischer Umsetzung desselben an der katalytisch aktiven Schicht 30 einer Regeneration unterworfen.

[0054] Da für diese Vorgehensweise die Existenz eines zweiten Wärmetauschers 21 nicht zwingend notwendig ist, kann gemäß einem weiteren, in Fig. 9 dargestellten Ausführungs-

beispiel zwar beispielsweise dem ersten Filter 10 ein Wärmetauscher 1 vorzugsweise mit katalytisch aktiver Beschichtung 30 vorangeschaltet werden, der zweite Filter 40 jedoch lediglich über die Abgasleitung 22 mit integrierter Heizvorrichtung 8 mit der 3-Wege-Abgasklappe 20 verbunden werden. Die 3-Wege-Abgasklappe 20 kann alternativ durch zwei hintereinander geschaltete Absperrventile ersetzt werden.

[0055] Grundsätzlich sind die beschriebenen Ausführungsformen auch auf Abgasnachbehandlungssysteme übertragbar, bei denen zusätzlich oder anstelle des Partikelfilters ein NOx-Speicherkatalysator eingesetzt wird.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Abgasbehandlung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, mit einem Partikelfilter, wobei eine Regeneration des Partikelfilters vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Wärmetauscher (1, 16, 21) zur Erwärmung des zu filtrierenden Abgases (11) wenigstens mittels der Abwärme des filtrierten Abgases (13) vorgesehen ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sammeleinheit zur Zuführung des gesamten Abgasstroms (11) in den Wärmetauscher (1, 16, 21) vor diesem angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens der Partikelfilter (10, 14, 40) und der Wärmetauscher (1) als bauliche Einheit (1) ausgebildet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Heizvorrichtung (8) vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine wenigstens temperatur-, zeit-, gaszusammensetzungs- und/oder druckabhängige Steuerung (9) vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Zufuhr wenigstens von Luft in den Abgasstrom vorgesehen sind.
7. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (1, 16) eine oberflächenvergrößernde Struktur (16) aufweist.
8. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung des Abgases (11) vor dem Wärmetauscher (1, 21) die Verbindungsleitung (2) eine Verzweigungsstelle (20) zur Teilung des Abgasstromes in einen Haupt- und einen Nebenstrom aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Partikelfilter (10, 14, 40) vorgesehen sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Wärmetauscher (1, 16, 21) vorgesehen sind.
11. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (1, 21) zumindest in einem Teilbereich eine katalytische Beschichtung (30, 32) aufweist.
12. Verfahren zur Regeneration eines Abgasnachbehandlungssystems, insbesondere eines Partikelfilters, dadurch gekennzeichnet, dass während der Regeneration das Abgas (11) in einen Haupt- und einen Teilstrom aufgeteilt wird und der Teilstrom beheizt und dem Abgasnachbehandlungssystem (10, 14, 40) zuge-

führt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptstrom des Abgases während der Regeneration einem zweiten Abgasnachbehandlungssystem zugeführt wird.

5

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass es während der Kaltstartphase einer Brennkraftmaschine (3) durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß es mittels einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchgeführt wird.

10

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



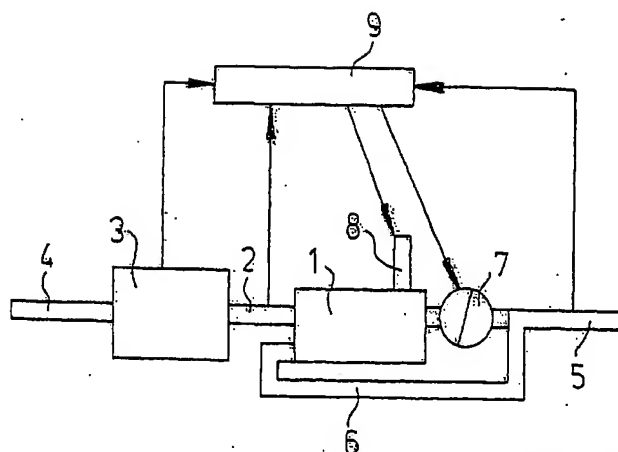


Fig. 1

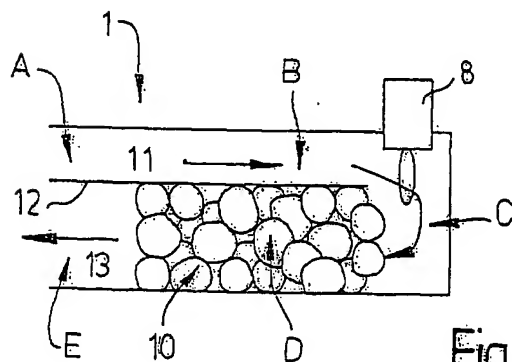


Fig. 2

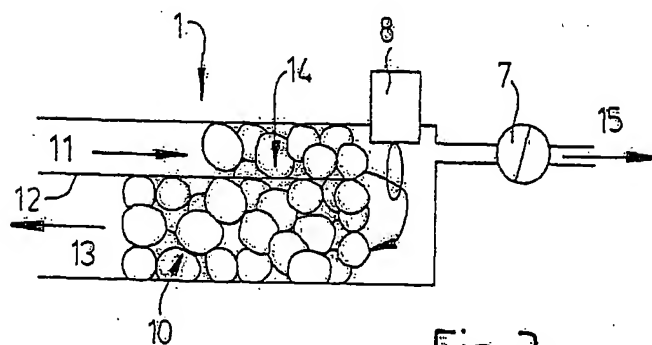


Fig. 3

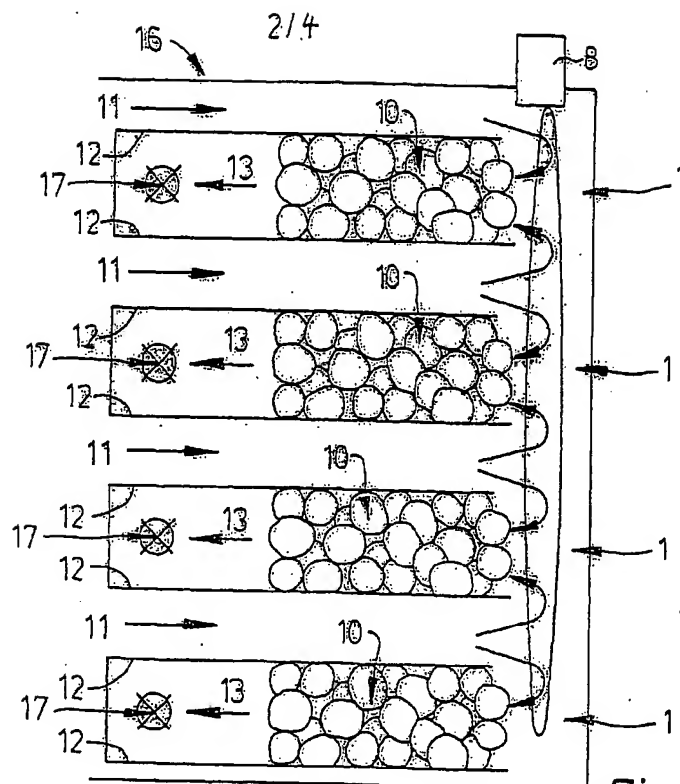


Fig. 4

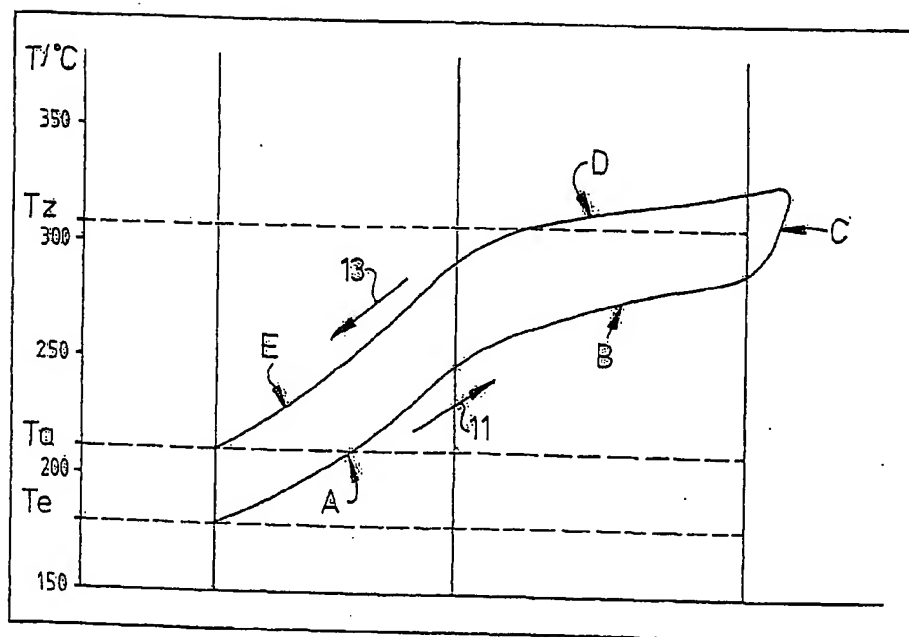


Fig. 5

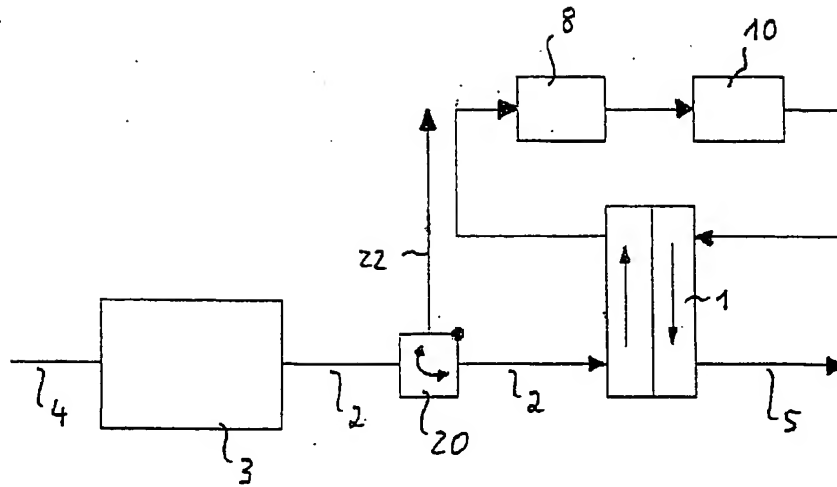


Fig. 6

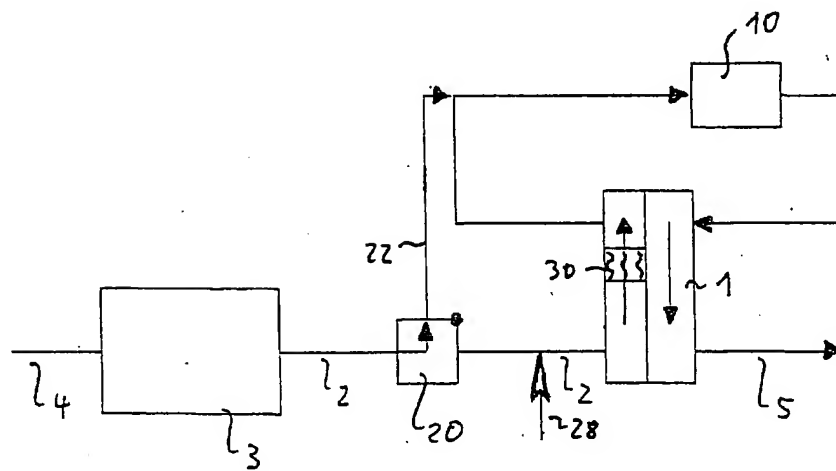


Fig. 7

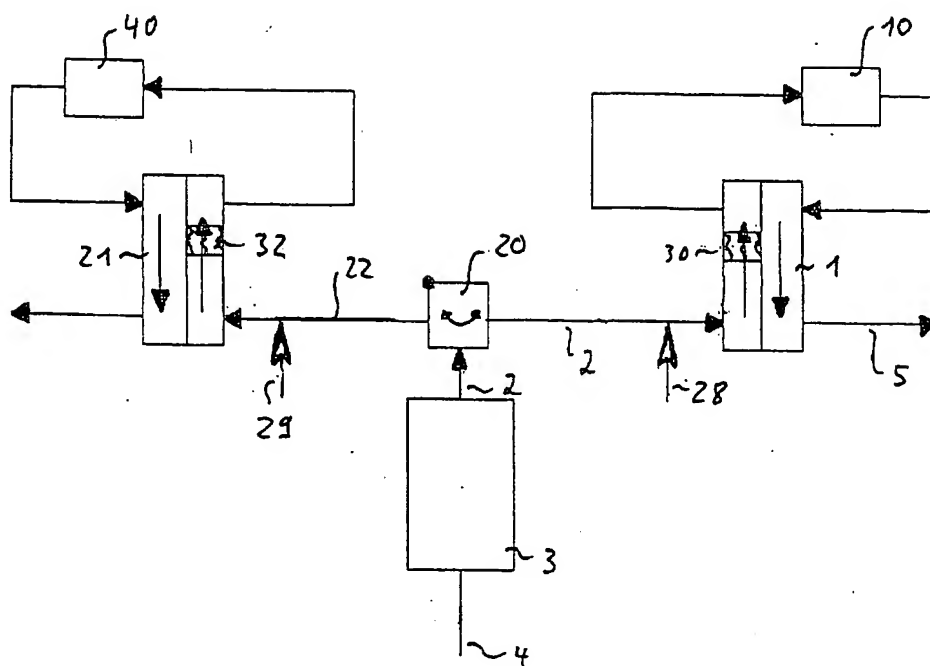


Fig. 8

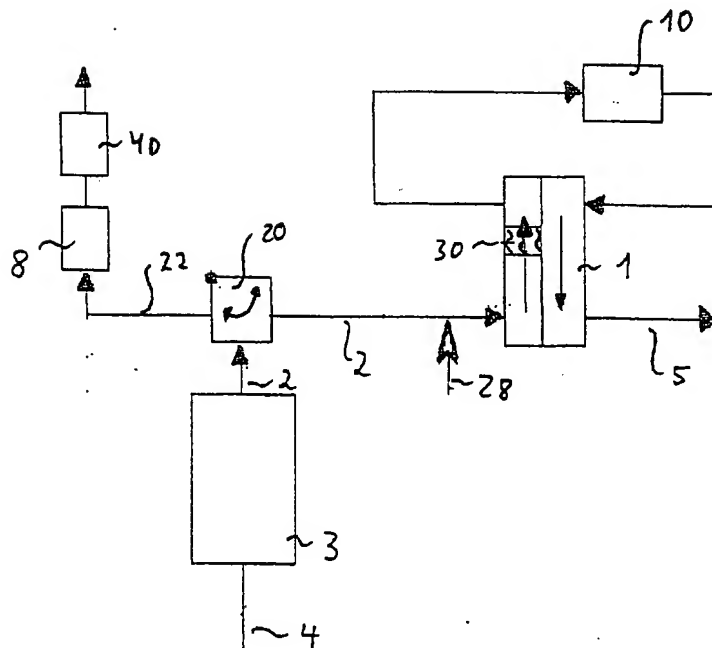


Fig. 9